

УДК 669 72

**А. В. Королева, В. В. Ушакова, А. С. Юровских, С. М. Илларионова,
С. В. Гриб***

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*s. v.grib@urfu.ru

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук С. В. Гриб

НЕОДНОРОДНОСТЬ БЕТА-ТВЕРДОГО РАСТВОРА СПЛАВА VST 3553, ДОПОЛНИТЕЛЬНО ЛЕГИРОВАННОГО ОЛОВОМ И ЦИРКОНИЕМ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Предложена схема, объясняющая появление нескольких β -твердых растворов, отличающихся друг от друга по химическому составу при нагреве сплава VST3553 с добавками олова и циркония до температуры 750 °С. Показано, что нагрев до более высокой температуры 770 °С способствует более интенсивному протеканию диффузионного перераспределения легирующих элементов и исчезновению этого явления.

Ключевые слова: титановый сплав, нагрев, фазовый состав

A. V. Koroleva, V. V. Ushakova, A. S. Yurovskikh, S. M. Illarionova, S. V. Grib

INHOMOGENEITY OF A BETA-SOLID SOLUTION OF ALLOY VST 3553, ADDITIONALLY ALLOYED WITH TIN AND ZIRCONIUM, AT THERMAL PROCESSING

A scheme is proposed that explains the appearance of several β -solid solutions that differ in chemical composition when the VST3553 alloy with the addition of tin and zirconium is heated to a temperature of 750 °C. It is shown that heating to a higher temperature of 770 °C contributes to more intense diffusion redistribution of alloying elements and the disappearance of this phenomenon.

Key words: titanium alloy, heating, phase composition

Сплав VST3553 после горячей деформации подвергали нагреву на 750 и 770 °С с выдержкой 1, 2 и 4 ч и последующему охлаждению на воздухе. Фазовый состав сплава после термической обработки

исследовали методом рентгеноструктурного фазового анализа (РСФА). РСФА проводили на установке Bruker Advance-D8 в медном излучении с применением позиционно-чувствительного детектора Lynx Eye.

Анализ данных РСФА показал, что на дифракционных линиях β -фазы сплава VST3553 после нагрева при 750 °С со стороны меньших углов Вульфа-Брэгга появляется своеобразный затяг, который проявляет себя в тем большей степени, чем длительнее время выдержки нагрева.

Подобное искажение профиля дифракционных линий может быть обусловлено неоднородностью β -фазы по химическому составу. Другими словами, внутри матричной β -фазы могут быть объемы β -твердых растворов, отличающихся от матричной фазы по химии. Различие в химическом составе этих β -твердых растворов оказывает влияние на значение их периода решетки, и, как следствие, на положение дифракционных линий, им принадлежащих, на дифрактограммах. Несмотря на сложный профиль линий β -фазы, который, исходя из непрерывности диффузионного процесса, должен описываться целым рядом твердых растворов различного состава, программный комплекс «TOPAS®4» определил линии, принадлежащие трем β -твердым растворам, а именно матричной β -фазе, обозначенной как β_1 , и отличным от нее по химическому составу двум β -твердым растворам (β_2 и β_3), как показано на рис. 1 на примере сплава VST3553 после нагрева 750 °С, 4 ч.

Линии β_2 - и β_3 -твердых растворов находятся со стороны меньших углов Вульфа — Брэгга относительно линии 200 _{β_1} , следовательно, согласно уравнению Вульфа — Брэгга, должны иметь большие периоды решетки по сравнению с β_1 , а это возможно в том случае, если β_2 - и β_3 -твердые растворы обеднены по элементам, имеющим меньший атомный радиус, чем у титана, т. е. по β -стабилизаторам: молибдену, ванадию, хрому. Так, для сравнения, атомный радиус Ti — 0,146 нм, а Mo, V, Cr — 0,139, 0,134, 0,127 нм, соответственно [1].

По нашему мнению, появление β_2 - и β_3 -твердых растворов обусловлено процессом коагуляции частиц α -фазы, который происходит при нагреве при 750 °С. Исходя из возможного смещения линий на фазовых диаграммах в зависимости от радиуса частицы второй фазы можно предположить, что к границе растворяющейся частицы α -фазы примыкает область β_3 -твердого раствора, а к границе подрастающей частицы α -фазы — β_2 -твердый раствор, как показано на рис. 2.

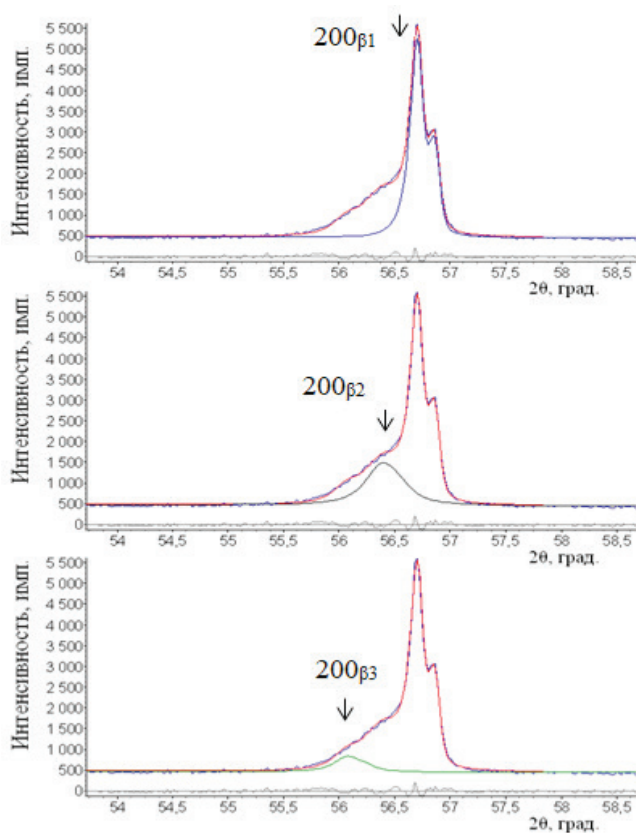


Рис. 1. Разделение дифракционного пика 200 β-фазы сплава VST3553 после нагрева 750 °С, 4 часа

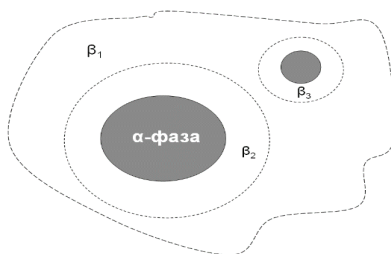


Рис. 2. Области β-твердого раствора

Нагрев до более высокой температуры 770 °С, по-видимому, способствует более интенсивному протеканию диффузионного перераспределения легирующих элементов, а времени выдержки 1...4 ч достаточно для выравнивания химического состава β-фазы, в связи с чем искаже-

ний профиля линий β -фазы на дифрактограммах сплава VST3553 после нагрева 770 °С 1...4 ч не наблюдалось.

В работе использовались результаты, полученные в лаборатории структурных методов анализа и свойств материалов и наноматериалов Центра коллективного пользования УрФУ. Исследование выполнено по гранту при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-13-00220).

Литература

1. Металловедение и термическая обработка сплавов титана. Структура и свойства : учеб. пособие / А. А. Попов [и др.]. Екатеринбург : УрФУ, 2012. 268 с.